Beiträge zur chemischen Kenntnis der Weizenmehle.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs) genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Martin Miller, Diplom-Ingenieur
aus Augsburg.

Referent: Prof. Dr. Carl Lintner

Korreferent: Prof. Dr. Andreas Lipp.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Mai 1909.

Augsburg.
J. P. Himmer'sche Buchdruckerei, Augsburg.

Beiträge zur chemischen Kenntnis der Weizenmehle.

Von der

K. Technischen Hochschule zu München zur Erlangung der Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften (Doktor-Ingenieurs) genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von

Martin Miller, Diplom-Ingenieur
aus Augsburg.

ACAD. LAND BAT. BIBL.

Referent: Prof. Dr. Carl Lintner

Korreferent: Prof. Dr. Andreas Lipp.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Mai 1909.

Augsburg.
J. P. Himmer'sche Buchdruckerei, Augsburg.

Vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. C. J. Lintner im gärungs-chemischen Laboratorium der Kgl. Technischen Hochschule zu München ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. C. J. Lintner, für das wohlwollende Interesse, welches er meinem Studium und vorliegender Arbeit entgegenbrachte, an dieser Stelle meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Meiner Mutter

und

dem Andenken meines Vaters

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Ueber die Feinheitsbestimmung von Weizenmehlen.

Die Vermahlung des Weizens bezweckt die das Verderben des Mehles verursachenden und für dessen Haltbarkeit gefährlichen Keime zu entfernen; dann die wertlosen, unverdaulichen Schalen zu beseitigen, um das Mehl schöner und wertvoller zu machen.

Durch diese Operation des Vermahlens resultieren Weizenmehle, die natürlich mit dem Weizen nicht eine identische chemische Zusammensetzung haben, aus dem sie hergestellt sind und die natürlich auch unter sich verschieden chemisch zusammengesetzt sein müssen. Der Protein-, Asche-, Fett-, Pentosan- und Rohfasergehalt nimmt vom feinen zum groben Mehl bezw. von den niederen zu den hohen Nummern der Weizenmehle stetig zu, während der wertvolle, wichtige Bestandteil, die Stärke vom feinen zum groben Mehl abnimmt.

Aus dieser kurzen Charakteristik der chemisch-quantitativen Verhältnisse der Weizenmehle ist zu ersehen, dass auch der Preis der einzelnen Mehlnummern verschieden sein muss und zwar, dass der Preis von den niederen zu den hohen Mehlnummern, von den feinen zu den groben Mehlen abnehmen muss. Wohlberechtigt sind deshalb Versuche und Analysen, eine Methode zu finden, um möglichst einwandfrei die richtige Numerierung irgend eines vorliegenden Mehles zu bestimmen.

Die wichtigsten Methoden, die bisher für diesen Zweck vorgeschlagen worden sind, sollen hier ganz kurz besprochen und ihre Zuverlässigkeit mit einigen Mehlproben geprüft werden, bevor eine neue Methode auszuarbeiten versucht und dieselbe dann empfohlen wird.

1. Pekarisierung.

Die am meisten verbreitete Methode bezw. Probe ist die Farbenvergleichung oder Pekarisierung, wie dieses Verfahren nach dem Autor genannt wird. Dieses Verfahren lässt ja schliesslich die Erkennung eines grösseren oder geringeren Kleiengehaltes durch die wechselnde Farbtiefe zu, allein ein Schluss auf die Feinheit des Mehles ist doch zu gewagt. Denn die Farbe des Weizens wird ja nach Herkunft und Witterung variieren und damit auch die Nuance des Mehles.

2. Bestimmung des Aschegehaltes.

Entschieden viel besser und von den chemischen Verfahren wohl am meisten geübt ist die Zugrundelegung des Aschegehaltes, welche Vedrödi [1]) empfohlen hat.

Vedrödi gibt folgende Numerierungsserie auf Grund zahlreicher Aschebestimmungen.

Nummer der Mehle	und deren Aschegehalt
No. 00	0,20—0,24 Prozent
„ 0	0,35—0,39 „
„ 1	0,40—0,43 „
„ 2	0,44—0,52 „
„ 3	0,53—0,60 „
„ 4	0,61—0,70 „
„ 5	0,71—1,16 „
„ 6	1,17—1,18 „
„ 7	1,18—3,15 „

Zum Vergleich ist die Vedrödische Skala mit unserer in Einklang gebracht. Vedrödi bezeichnet die Mehle 0—8, wir von 00—7.

Bei den zahlreichen Mehlen, die untersucht wurden, wurde auch meistens die Asche bestimmt neben Stärke, Protein, Fett, Pentosan und natürlich Wasser. Hier sollen einige Aschezahlen aufgeführt werden, um die Methode der Numerierung nach dem Aschegehalt und deren Zuverlässigkeit zu zeigen.

---

[1]) Zeitschrift für angewandte Chemie 1893. 691.

Mehle von bayerischen, grossen Mühlen:

Aschegehalt war in der Trockensubstanz %	Das Mehl war numeriert von der Mühle mit No.	Nach der obigen Tabelle müsste es sein No.
0,41	00	1
0,47	0	2
0,52	1	2
0,84	2	5
0,52	0	2
0,92	3	5
1,18	3	6
0,67	3	5

Weiter unten wurde das Hauptanalysenmaterial von Mehlen zusammengestellt; aus den betreffenden Aschezahlen ist zu ersehen, dass sie meist nicht in die Vedrödische Tabelle passen.

Dass Mehlfeinheit und Aschegehalt im Zusammenhang steht ist sicher; ob aber aus dem Aschegehalt auf den Grad der Feinheit geschlossen werden darf und ein einwandfreies Urteil über deren Grad abgegeben werden darf, das ist wohl auf Grund dieser Analysen nicht anzunehmen. Jedoch könnte die Aschebestimmung sicher ein Faktor bei der Feinheitsbestimmung sein. Es soll hier noch das Urteil von Direktor Th. Kosutany in seinem Buch „Der ungarische Weizen und das ungarische Mehl" folgen: „Die Bestimmung des Aschegehaltes in den Mehlen ist zum Erkennen von Fälschungen (Gewichtsvermehrung, Beimengung von anorganischen Stoffen) ferner bei Identitätsbestimmungen unumgänglich notwendig, jedoch ständige Asche-Grenzzahlen zur Numerierung der Mehle aufzustellen, wie dies Vedrödi wünschte, ist meiner Ansicht nach schon deshalb nicht möglich, weil der Aschegehalt des Weizens besonders je nach der Witterung, ferner je nach dem Boden, der Ertragsfähigkeit usw. fortwährend schwankt und es ist daher nicht möglich, die Mühlen zu verpflichten, dass sie jederzeit Mehle von gleichförmigem Aschegehalt in den Verkehr bringen."

3. Bestimmung des Fettgehaltes.

Auf Grund der Tatsache, dass je feiner das Mehl ist umso weniger Fett es enthält, empfiehlt Cerkez[1]) die Bestimmung der

[1]) Zeitschrift für angewandte Chemie 1895. 663.

richtigen Numerierung nach dem Fettgehalt. Zu diesem Zweck stellt er Grenzzahlen des Fettgehaltes für die einzelnen Mehlnummern auf und zwar

Nummer der Mehle	und deren	Fettgehalt
No. 00	. . . . .	0,60—0,95 Prozent
„ 0	. . . . .	0,96—1,05 „
„ 1	. . . . .	1,06—1,15 „
„ 2	. . . . .	1,16—1,25 „
„ 3	. . . . .	1,26—1,45 „
„ 4	. . . . .	1,46—1,62 „
„ 5	. . . . .	1,62—1,84 „
„ 6	. . . . .	1,85—2,50 „
„ 7	. . . . .	2,50—3,45 „

Hier sollen nun einige Fettzahlen, die gefunden wurden, folgen, um die Verwendbarkeit dieser Methode zu illustrieren. Bei den weiter unten zusammengestellten Hauptresultaten der Mehlanalysen sind auch die Fettgehaltszahlen eingereiht und es kann mittels derselben noch weiter diese Numerierungsmethode versucht werden.

Mehle von bayerischen Mühlen:

Fettgehalt war in der Trockensubstanz %	Das Mehl war numeriert von der Mühle aus mit No.	Nach obiger Tabelle müsste es sein No.
0,83	00	00
0,84	0	00
1,22	2	2
2,34	4	7
1,02	00	0
1,32	1	3
1,45	2	3

Es ist zu ersehen, dass auch die Fettbestimmung zum Zweck der Numerierung eines vorliegenden Mehles keine zuverlässige Methode bildet.

Die Prozentzahl 3,45, die Cerkez für die gröbsten Mehle als obere Grenzzahl angibt, wurde von den erhaltenen Fettzahlen (Fett = Rohfett, erhalten durch sechsstündige Aetherextraktion im Soxhlet-Apparat) für hohe Mehlnummern meist überschritten.

Meist wurde bei diesen gröbsten Mehlen 4—5 Prozent Rohfett in der Trockensubstanz gefunden.

4. Numerierung der Mehle nach ihrer katalytischen Wirkung.

Neumann Wender[1]) wies in Weizenmehlen ein Enzym nach, das er Katalase nannte, infolge seiner katalytischen Wirkung auf den Zerfall von Wasserstoffsuperoxyd. Dieses Enzym wirkt dadurch, dass es Wasserstoffsuperoxyd unter Sauerstoffentwicklung zersetzt. Nach weiteren Untersuchungen fand Wender, dass in den Partieen des Keimlings vom Weizenkorn viel mehr von dem Enzym vorhanden ist, als in den übrigen Kornschichten. Wenn man nun Mehl mit wässeriger Lösung von Hydroperoxyd stehen lässt, so zersetzt die im Mehl enthaltene Katalase das Hydroperoxyd in Wasser und Sauerstoff und je gröber das Mehl ist, umso grösser ist bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen die entwickelte Sauerstoffmenge. Infolge dieser Tatsache kommt Wender zu folgender Untersuchungsmethode für die Konstatierung der Mehlnummer.[2])

Eine abgewogene Menge Mehl wird in einer Schale mit Wasser zu einem klümpchenfreien Brei verrieben und dieser verlustfrei in einen Kolben gespült. Der Kolben ist mit einem doppelt durchbohrten Gummistöpsel verschlossen. Die eine Bohrung nimmt eine mit Glashahn verschliessbare Messpipette auf, während sich in der anderen Bohrung ein knieförmig gebogenes Glasrohr befindet, welches mit einer Gasmessröhre verbunden ist. Nach dem Verschliessen des Apparates wird das Wasser in der Messröhre auf den Nullpunkt gestellt und man lässt die gewünschte Menge Wasserstoffsuperoxyd zufliessen. Es entwickelt sich sofort Sauerstoff, dessen Menge nach bestimmter Zeit im Messrohre abgelesen wird.

Mit zwei Reihen Mehlen aus bayerischen Mühlen wurden derartige Versuche angestellt. 20 g Mehl wurde mit 100 ccm H_2O zu einem Brei verrieben, mit 100 ccm H_2O nachgespült und mit 10 ccm von 3 gewichtsprozentigem Hydroperoxyd versetzt.

Nach 30 Minuten Einwirkungszeit wurde die Sauerstoffmenge in der Gasmessröhre gemessen und für die verschiedenen

---

[1]) Chemisches Zentralblatt 1904. I. 1530
[2]) Zeitschrift für Nahrungs- und Genussmittel 1905. 747.

Mehle wurden dann folgende Zahlen erhalten, die in nachstehender Tabelle vereinigt sind.

			bei Reihe I	bei Reihe II
Mehl	No.	00 entwickelte Sauerstoff:	32 ccm	40 ccm
„	„	0 „ „	38 „	42 „
„	„	1 „ „	61 „	55 „
„	„	2 „ „	63 „	66 „
„	„	3 „ „	66 „	75 „
„	„	4 „ „	70 „	83 „
„	„	5 „ „	90 „	92 „
„	„	6 „ „	102 „	115 „

Aus diesen Daten geht hervor, dass es wahrscheinlich aussichtslos wäre, Grenz-Sauerstoffzahlen für die Numerierung aufzustellen, die allgemein oder doch vielleicht Gültigkeit für einen Jahrgang oder ein ganzes Land usw. hätten.

Neumann Wender sagt ja auch selbst, dass diese Zahlen nur einen problematischen Wert haben und dass sie eventuell für jedes Land, ja für jede Mühle eigens bestimmt werden müssten, somit also nur als Hilfsmittel der Betriebskontrolle in Betracht kämen.

Diese Methode für Betriebskontrolle besser auszugestalten, war nun der Zweck weiterer Versuche in dieser Richtung.

Die Möglichkeit liegt sehr nahe, dass das katalytisch wirkende Enzym in einen wässerigen Auszug geht und es wurden nun Zersetzungsversuche von Wasserstoffsuperoxyd durch Mehlauszüge versucht, wie Wender dies mit Mehlen selbst unternahm. Schliesslich wurde auch der Grad der $H_2 O_2$ Zersetzung festgelegt jedoch nicht wie Wender es ausführte, gasanalytisch, sondern titrimetrisch.

Das Prinzip, das den folgenden Versuchen zu Grund liegt ist kurz folgendes: Die wässerige Lösung von Wasserstoffsuperoxyd wurde der Einwirkung eines wässerigen Mehl-Auszuges ausgesetzt. Nach einer gewissen Zeit wurde das nichtverbrauchte $H_2 O_2$ mit $\frac{N}{10}$ Permanganat in schwefelsaurer Lösung titriert. Diesem Versuch ging ein blinder dergestalt voraus, dass die angewandte Menge Wasserstoffsuperoxyd mit der angewandten Auszugsmenge titriert wurde. Durch Subtraktion der beiden erhaltenen Zahlen für Kubikzentimeter Permanganat erhielt man

dann die Menge Parmanganat, die dem vom Enzym zersetzten H_2O_2 entsprach. Die Einwirkung des Auszugs wurde in kleinen mit Uhrglas bedeckten Becherchen vorgenommen. Zum Zwecke der Titration wurde das Gemisch dann in ein grösseres Becherglas quantitativ gespült und Schwefelsäure zugegeben.

Der Wirkungsgrad bezw. das katalytische Vermögen wird dann ausgedrückt als mg verbrauchtes H_2O_2 für 1 g Mehl, bezw. die 1 g Mehl entsprechende Auszugsmenge. 1 ccm $\frac{n}{10}$ Perm. entspricht 1,7 mg H_2O_2 berechnet nach der Reaktionsgleichung:

$$2\,KMnO_4 + 5\,H_2O_2 + 3\,H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2\,MnSO_4 + 8\,H_2O + 5\,O_2.$$

Nach Vorversuchen, auf welche hier nicht weiter eingegangen werden soll, wurden zwei Hauptversuche ausgeführt und bei denselben wie folgt verfahren.

1. Herstellung eines wässerigen Weizenmehlauszuges 1 : 10. Auszugsdauer vier Stunden.
2. Einwirkung von 5 ccm Mehlauszug auf 15 ccm wässerige Wasserstoffsuperoxydlösung, die 0,075 g H_2O_2 in 15 ccm enthielt.
3. Blinder Versuch, bezw. Titration dieses Gemisches gleich nach dem Zusammengeben in schwefelsaurer Lösung und Titration nach zweistündiger Einwirkung des Auszuges auf H_2O_2 bei gewöhnlicher Temperatur mit $\frac{n}{10}$ Permanganat.

Aus den beiden Hauptversuchsreihen, die in den beiden nachfolgenden Tabellen zusammengefasst sind, ist zu ersehen, wie die katalytische Wirkung der Auszüge vom feinen zum groben Mehl erheblich zunimmt.

Trotzdem wäre diese Methode, den katalytischen Wirkungsgrad zu bestimmen, nicht zu empfehlen, da bei den Auszügen feinster Mehle die Unterschiede zu klein werden. Die Hoffnung, titrimetrisch eine gute, genauere Methode zur Bestimmung der katalytischen Wirksamkeit von Auszügen zu finden, wie Wender bei Mehlen selbst gasanalytisch arbeitet, hat sich also nicht erfüllt.

Hauptversuche.

I. Reihe

Mehl No.	ccm Perm. verbr. am Anfang	ccm Perm. nach zweistündiger Einwirkung	Rest ccm P.	entsprechen mg H_2O_2 pro 1 g Mehl
00	35,7	33,8	1,9	6,5
0	35,7	33,7	2,0	6,8
1	35,5	32,9	2,6	8,8
2	35,3	32,5	2,8	9,5
3	36,6	31,7	4,9	16,6
4	36,7	17,1	9,6	32,6
5	37,0	14,5	22,5	76,5
6	36,9	4,8	32,1	109,0

II. Reihe

00	35,7	33,6	2,1	7,1
0	35,9	33,9	2,0	6,8
1	36,0	33,6	2,4	8,2
2	35,9	32,9	3,0	11,2
3	36,1	30,7	5,4	18,4
4	36,3	24,0	12,3	41,7
5	36,4	12,6	23,8	81,2
6	36,4	3,5	32,9	112,0

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass sich die Auszüge anders verhalten als die Mehle direkt.

Die Resultate, welche einerseits mit einem Mehlauszug, andererseits mit dem Mehl direkt erhalten wurden, ergeben sich aus folgendem Beispiel:

Mehl No. 1 entwickelt in einer halben Stunde 38 ccm O_2
„ „ 5 „ „ „ „ „ 90 ccm O_2
Auszug „ 1 zersetzt in zwei Stunden 2,4 mg H_2O_2
„ „ 5 „ „ „ „ 32,8 mg H_2O_2

Man kann nicht nur konstatieren, dass die Auszüge grober Mehle überhaupt stärker wirken als Auszüge feiner Mehle, sondern dass das Verhältnis auch ein ganz anderes ist, als bei dem Mehle direkt. Es muss allerdings bemerkt werden, dass sich obige Zahlen nur annähernd vergleichen lassen, da ja die Einwirkungszeiten verschiedene sind ($^1/_2$ Stunde und zwei Stunden).

Weitere Versuche über diese Verhältnisse der katalytischen Wirkung von Mehlen und Mehlauszügen wurden jedoch unterlassen, da sie doch zu sehr vom Hauptthema, der Auffindung einer Numerierungsmethode abgebracht hätten.

Bestimmung der richtigen Mehlnummer mit Hilfe des Stärkegehaltes und unter Berücksichtigung des Proteinwertes.

Wohl der wichtigste Bestandteil der Weizenmehle ist die Stärke. Nachdem vom feinsten zum gröbsten Mehl Asche, Fett, Pentosan, Protein und Rohfaser ihrem Prozentgehalt nach zunehmen, so kann dies nur auf Kosten des Stärkewertes geschehen. Von diesem Grundgedanken ausgehend wurde versucht, den Weg zu finden, durch Bestimmung der Stärke die richtige Nummer für ein vorliegendes Mehl zu erhalten. Dennstedt und Voigtländer schlugen die kolorimetrische Bestimmung der Stärke für diesen Zweck vor.[1])

Diese Methode mag sich anwenden lassen bei sehr verschieden zusammengesetzten Mahlprodukten, wie sie Dennstedt und Voigtländer untersuchten. Die genannten Forscher untersuchten Mehle, die in folgender Ausbeute hergestellt waren

1. Handelsmarke I in einer Ausbeute von ca. 63 Prozent
2. Weizenmehl II „ „ „ „ „ 3,5 „
3. sog. roter Rand „ „ „ „ „ 1,01 „
4. sog. besserer Rand „ „ „ „ „ 3,5 „
5. feine und grobe Kleie.

Dass Mehle dieser Ausbeute eine grosse Verschiedenheit in ihrer prozentischen Zusammensetzung aufweisen ist klar und für solche Fälle mag diese kolorimetrische Methode, der die Blaufärbung der Stärke durch Jod zugrunde liegt, angängig sein. In der Tat waren die Stärkezahlen für obengenannte (Hamburger) Mühlenprodukte unter sich sehr verschieden, nämlich:

1. 63,4, 2. 57,5, 3. 44,8, 4. 18,90 Prozent Stärke.

---

[1]) Forschungsberichte über Lebensmittel 1895. 2. 228.

Schwierig oder überhaupt nicht werden Stärkeunterschiede von 2 Prozent und weniger auf diese Weise nachzuweisen sein, wie sie z. B. feinste und feine Mehle zeigen. Und gerade das ist doch bei Bestimmung der Numerierung das wichtigste, die feinen Mehle unter sich zu unterscheiden; um z. B. ein Mehl No. 4 von No. 6 wegzuerkennen, wird es doch meistens überhaupt keiner chemischen Untersuchung bedürfen.

Die Stärkebestimmung durch Inversion und die nachherige Reduktion von Fehlingscher Lösung ist eine ziemlich langwierige, zeitraubende Bestimmung. Allein der Hauptfehler dieser Bestimmungsart ist, dass sie uns kein richtiges Bild vom Stärkegehalt überhaupt gibt. Bei dieser Inversionsmethode werden eben andere Kohlehydrate wie Pentosane und Pentosen auch mitbestimmt und als Stärke berechnet. Wenn nun auch diese Stärkezahl nicht der Wahrheit entspricht, so wäre dies eventuell bei der Bestimmung der richtigen Mehlnummer von untergeordneter Bedeutung, falls nur die Zahlenunterschiede für diese Rohstärke so wären, dass sie zur Unterscheidung dienen könnten.

Allein dadurch, dass vom feinsten zum gröbsten Mehl die Stärke ab- und der Pentosangehalt zunimmt, müssen sich durch diese Kompensation im Gehalt der Gesamtkohlenhydrate die Zahlenunterschiede für diesen „Stärkewert" verringern.

Als gut geeignete Methode erschien die von C. J. Lintner und Belschner angegebene Stärkebestimmung durch Polarisation in der Modifikation von Wenglein.[1]) Prinzip derselben ist: Lösen der Stärke durch starke Säuren, Ausfällung der Eiweissstoffe und Polarisation der filtrierten Stärkelösung.

Man verfährt so, dass man 2,5 g Mehl in der Reibschale zu einem klümpchenfreien Brei mit 10 ccm Wasser anrührt. Zur Lösung gibt man 20 ccm Schwefelsäure (s = 1,7). Für Schwefelsäure wurde auch das spezifische Drehungsvermögen der Weizenstärke bestimmt.

Nach ca. 20 Minuten langem Stehen der Lösung spült man dieselbe mit Schwefelsäure (s = 1,3) in einem 100 ccm Kölbchen, gibt 5 ccm 4prozentige Phosphorwolframsäure zum Ausfällen der Eiweissstoffe zu. Nachdem das ganze gut durchgeschüttelt ist, wird durch ein Faltenfilter, dessen Spitze mit einem kleinen

---

[1]) Zeitschrift für Nahrungs- und Genussmittel 1907. 14. 205 und Zeitschrift für das gesamte Brauwesen 1908. S. 53.

glatten Filter geschützt ist, filtriert und im 2 dem Rohr im Halbschattenapparat mit Natriumlicht polarisiert. Die Berechnung des Stärkegehaltes erfolgt dann nach der Formel $e = \frac{100 \cdot \alpha}{l \cdot \alpha_D}$, wobei α der abgelesene Winkel, $l = 2$ (dm) und α_D das spezifische Drehungsvermögen der Weizenstärke ist.

In der Ausführung dieser Bestimmung musste für Weizenmehle eine kleine Aenderung eintreten. 5 ccm 4 prozentige Phosphorwolframsäure genügten nicht, um die Eiweissstoffe so gut auszufällen, dass tadellos blanke, gut zu polarisierende Filtrate erhalten wurden. Es wurden nun bei sämtlichen Bestimmungen von Mehlen 10 ccm Phosphorwolframsäure genommen, was bei allen, auch den proteinreichen, groben Mehlen genügte, um blanke, fast farblose Lösungen zu erhalten. Das Bedenken, dass durch diesen grösseren Zusatz von Phosphorwolframsäure Stärke mitgefällt werden könnte, erwies sich als nicht gerechtfertigt. Es wurde die Stärkebestimmung bei einem Mehl unternommen und nur 5 ccm des Eiweissfällungsmittels angewandt. Eine öfters wiederholte Filtration ergab eine polarisierbare Lösung. Bei diesem Versuch wurde genau dieselbe Drehung des polarisierten Lichtes gefunden, wie bei einem Versuch mit 10 ccm Eiweissreagens.

Zur Ermittlung des spezifischen Drehungsvermögens von Weizenstärke in schwefelsaurer Lösung wurde die polarimetrische Stärkebestimmung, wie oben angegeben, mit einem Weizenstärkepräparat unternommen, das auf Grund einer vorangegangenen Analyse 82,61 Prozent Stärke enthielt, denn es bestand aus

Wasser	16,51 Prozent	Sa. 17,31 Prozent entsprechen 82,61 Prozent Stärke.
Protein (N · 6,25)	0,70 „	
Rohfett	0,70 „	

Beim Polarisieren einer schwefelsauren Lösung von 2,5 g Präparat in 100 ccm Lösung, ergab sich ein Winkel von $\alpha = 8^{0}\,0'$, was einem α_D von 194,2 entspricht nach der Formel:

$$\underbrace{\frac{2{,}5 \cdot 82{,}7}{100}}_{\text{Stärke in 2,5 g des Präparates} = 2{,}06\text{ g}} = \frac{100 \cdot 8}{2 \cdot \alpha_D}.$$

Der Prozentgehalt Stärke C eines Mehles berechnet sich dann bei obiger Arbeitsweise und einem abgelesenen Winkel α zu:

$$C = \frac{\alpha \cdot 100 \cdot 40}{2 \cdot 194{,}3} = 10{,}30 \cdot \alpha \text{ (Minuten als 10tels Grade).}$$

Die Werte für Protein wurden nach der Rjeldahlschen Stickstoffbestimmungmethode ermittelt. Der Stickstoffgehalt mit dem Eiweissfaktor 6,25 multipliziert.

A. Werte für Stärke und Protein in drei Reihen bayerischer Mehle.

I. Reihe.

Mehl No.	In der Trockensubstanz sind: Prozente Stärke	Prozente Protein
00	84,52	11,25
0	83,71	11,74
1	81,91	11,84
2	79,83	12,20
3	77,91	12,45
4	74,74	13,71
5	65,45	15,74
6	52,87	18,88

II. Reihe.

00	84,00	12,01
0	83,01	12,34
1	81,32	12,50
2	79,04	12,95
3	77,10	13,27
4	74,11	14,23
5	63,20	17,76
6	50,90	19,64

III. Reihe.

00	83,60	12,31
0	82,34	12,53
1	80,43	12,60
2	79,12	12,94
3	76,99	13,45
4	68,91	16,39
5	60,83	18,48
6	51,00	19,97

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, wie sich die stete Abnahme des Stärkegehaltes in Mehlen ganz gut quantitativ von Nummer

zu Nummer festlegen lässt. Wenn nun die Zahlen so durchgeprüft werden, ist es verführerisch, Grenzstärkezahlen für die einzelnen Nummern anzunehmen in der Art, dass man z. B. ein Mehl No. 00 als solches bezeichnen müsste, wenn es einen Stärkegehalt von mindestens 83,80 Prozent in der Trockensubstanz hätte. Es ist sicher, dass diese Art, um ein Mehl richtig zu nummerieren, mindestens (wenn es sich z. B. um gleichartige, bezw. in der Herstellungsart, Ausbeuteverhältnisse usw. gleichartige Mühlenprodukte handelt) so viel Zuverlässigkeit hätte, als eine der anderen, viel umständlicheren Methoden.

Allein ganz einwandfreie Resultate könnte diese Feinheitsbestimmung auch nicht geben. So würde z. B. nach obenerwähnter Grenzzahl das Mehl No. 00 von Reihe III als Mehl No. 0 bereits bezeichnet werden müssen. Würde man andererseits die Grenzzahl bezw. Stärke-Mindestzahl für ein Mehl No. 00 als 88,60 Prozent annehmen, so wäre Mehl No. 0 der Reihe I mit 83,71 Prozent noch als Mehl No. 00 anzusprechen. Diese Ungenauigkeit wird jedoch sehr herabgemindert durch Herbeiziehung der Zahl für den Proteingehalt.

Wie aus den drei Reihen zu ersehen ist, haben die einzelnen Mehle, verglichen ein jedes mit dem entsprechenden der andern Reihe, fast durchwegs — regelmässige — Verschiedenheit im Stärke- und Proteingehalt. Ein Beispiel:

Die drei Mehle No. 00 haben von Reihe I zu Reihe III einen fallenden Stärke- und einen steigenden Proteinwert.

So No. 00 von Reihe I hat Stärke 84,52 Proz., hat Protein 11,25 Proz.
No. 00 „ „ II „ „ 84,00 „ „ „ 12,01 „
No. 00 „ „ III „ „ 83,60 „ „ „ 12,31 „

Diese Regelmässigkeit zeigt sich auch bei anderen Nummern

No. 0 von Reihe I hat Stärke 83,71 Proz., hat Protein 11,74 Proz.
No. 0 „ „ II „ „ 83,01 „ „ „ 12,34 „
No. 0 „ „ III „ „ 82,34 „ „ „ 12,53 „
od. No. 3 von Reihe I hat Stärke 77,91 Proz., hat Protein 12,45 Proz.
No. 3 „ „ II „ „ 77,10 „ „ „ 13,27 „
No. 3 „ „ III „ „ 76,90 „ „ „ 13,45 „

Verwundern darf die Tatsache natürlich nicht, denn dieser Zusammenhang zwischen Stärke- und Proteingehalt dieser Mehle wird eben variieren mit dem Stärke- bezw. Proteingehalt des Weizens bezw. der Weizensorten, aus denen die Mehle hergestellt sind.

Ein stärkereicher, proteinarmer Weizen wird ein stärkereicheres, proteinärmeres Mehl geben als ein Weizen, bei dem das umgekehrte der Fall ist.

Diese Verhältnisse bei den Weizenmehlen, und die möglichst reichliche zahlenmässige Feststellung derselben, werden eine gute und wahrscheinlich die sicherste Methode liefern, um Mehlfeinheit festzustellen. Es wurde unterlassen, Grenzzahlen bezw. Stärke-Protein-Tabellen aufzustellen, weil hiezu doch ein grösseres analytisches Material gehört.

Allein die gute Verwendbarkeit einer solchen Methode geht daraus hervor, dass z. B. Mehl No. 00 von Reihe III, das nur mit seiner Stärke verglichen am besten zu No. 0 von Reihe I passt, doch als Mehl No. 00 bezeichnet werden muss, wenn man die festgestellte Proteinzahl in Betracht zieht. Oder ein Fall aus der Praxis: Von einem Mehl sollte die Feinheit bestimmt werden. Die chemische Analyse zeigte 76,8 Prozent Stärke und 13,35 Prozent Protein. Auf Grund des Stärkegehaltes kann das Mehl zwischen No. 3 und No. 4 stehen. Wahrscheinlicher ist es No. 3; sicher ist es jedoch No. 3 nach der besten Uebereinstimmung von Stärke und Protein mit Mehl No. 3 der Reihe III.

B. Werte für Stärke und Protein in zwei Reihen rheinischer Mehle.

Wenn auch die nachfolgenden Mehle, Produkte von rheinischen Mühlen, mit den vorangehenden bayerischen nicht übereinstimmen, so wird das darin liegen, dass diese Mühlen, von denen diese Proben sind, andere Sorten von Mehl und auch weniger Nummern (also Mehle von anderer Ausbeute) herstellen. Andererseits, und das ist wichtig und bemerkenswert, zeigen diese Mehle unter sich wieder dieselben regelmässigen Verhältnisse, sodass diese „Stärke-Protein-Methode“ auch für Mehle anderer Vermahlungsart anzuwenden sein wird.

I. Reihe

Mehl No.	In der Trockensubstanz sind: Prozente Stärke	Prozente Protein
0	82,49	12,62
1	80,10	13,38
2	77,58	14,63
3	75,05	15,85
4	64,70	19,51
5	51,85	20,45

II. Reihe

Mehl No.	In der Trockensubstanz sind: Prozente Stärke	Prozente Protein
0	83,10	12,03
1	80,97	12,91
2	78,15	14,20
3	76,84	14,97
4	68,91	16,23
5	54,23	18,75

Auf Grund des niedergelegten Zahlenmaterials und nach den oben angestellten Erwägungen kann eine Mehlfeinheitsbestimmung mittels der Stärkezahl und des Proteingehaltes als eine für den gegebenen Zweck sehr gute und einfache Methode bezeichnet werden. Dass die Charakterisierung eines Mehles nach zwei Bestandteilen erfolgt ist kein Nachteil, es ist sicher ein grosser Vorteil. Denn es ist doch eigentlich höchst unwahrscheinlich, dass z. B. alle Mehle No. 00 oder No. 0 usw., aus welchen Weizensorten sie auch hergestellt sein mögen, trotz gleichartiger Vermahlung irgend eine bestimmbare Konstante hätten, die bei allen unter sich gleich numerierten Mehlen, gleich wäre. Eine Methode, die jedoch aufgebaut ist auf der Grundlage von zwei zu bestimmenden Zahlen für jedes Mehl, und zwar auf der von den beiden wichtigsten Zahlen, Stärke und Protein, wird die Feinheit von Mehlen gleicher Vermahlungsart nachzuweisen gestatten, die auch von quantitativ verschieden zusammengesetztem Weizen herstammen.

Wie schon gesagt, wurde es unterlassen Protein-Stärke-Grenzzahlen aufzustellen, da für diesen Zweck das Zahlenmaterial doch zu wenig umfangreich ist.

Mit den obigen Ausführungen wird jedoch der Beweis erbracht worden sein, dass eine solche Aufstellung von Grenzzahlen, für je ein Gebiet, das gleichartige Mühlenprodukte herstellt (wie z. B. Ungarn, Bayern usw.) die richtigste Methode der Feinheitsbestimmung in die Hand gibt.

Ueber die Bestimmung der Stärke in Weizenmehlen.

Die Methode der Stärkebestimmung in Cerealien nach C. J. Lintner[1]) hat den einen Nachteil, dass ein quantitatives Ueberspülen der Säure-Stärkelösung durch eine bestimmte Menge Säure in den Messkolben nötig wird.

Der Gedanke liegt nun nahe, die Lösung der Stärke im Messkolben selbst zu machen und nach vorgeschriebener Lösezeit einfach aufzufüllen. Hiebei stösst man jedoch auf zwei Schwierigkeiten:

1. Eine innige Verteilung, wie in der Reibschale durch Rühren und Zerdrücken geschehen kann, von Mehl und Wasser, gestaltet sich im Kölbchen ungleich schwieriger. Eine gute Lösung des Stärkebreies durch Säure hängt aber sehr von dieser guten Verteilung ab.
2. Der Umstand, dass sich im Kölbchen das Gemisch von Mehlbrei und zugeflossener Schwefelsäure stark erwärmt (bei der Reibschalenmethode wird diese entstehende Wärme durch die dicke, viel kühlere Schalenwandung weggenommen) ist sehr nachteilig.

Es zeigte sich nämlich, dass das gleiche Mehl im Kölbchen mit Säure aufgeschlossen bezw. gelöst, aufgefüllt und polarisiert, eine niedrigere Drehung zeigte, als wenn es in der Reibschale gelöst und ebenso behandelt wurde. Dass diese Erscheinung nur auf eine stärkere Erwärmung im Kölbchen zurückzuführen ist (Abbau von Stärke), beweisen Versuche, die unternommen wurden, indem das Kölbchen durch kaltes Wasser vom Beginn der Reaktion an, also schon während dem Zufliessenlassen der Säure, gekühlt wurde. Jetzt wurden Werte für den Drehungswinkel erhalten, die höher waren als die Werte für den Winkel, den eine Säure-Stärkelösung nach der Reibschalenmethode im Polarisationsapparat zeigte. Es ist klar, dass nach beiden Methoden richtige Stärkewerte erhalten werden können, falls nur für beide Versuchsbedingungen das spezifische Drehungsvermögen jedesmal bestimmt wird.

Zu obig genanntem Punkt 1.

Eine gute Verteilung und nachherige gute Lösung des Mehles (2,5 g) durch Schwefelsäure wurde erzielt durch Verteilung

[1]) Zeitschrift für Nahrungs- und Genussmittel 1907. 205.

mit 96 prozentigen Alkohol (5 ccm). Trotz dieser guten Verteilung des Mehles mit Alkohol verlief die Lösung durch Säure unter Kühlung nicht sonderlich gut; erst als zum Alkohol-Mehlbrei (5 ccm) konzentrierte Kochsalzlösung zugegeben wurde, und man hierauf die Schwefelsäure zugab, wurde das Mehl glatt gelöst.

Man konnte sich nach einigen Vorversuchen entscheiden, folgende Arbeitsweise als empfehlenswert zur Stärkebestimmung in Weizenmehlen anzugeben.

2,5 g Mehl werden quantitativ in ein 100 ccm Messkölbchen gebracht. Am besten bedient man sich eines Messkolbens, dessen Hals oberhalb der Marke erweitert ist; man umgeht dabei die Benützung des Einfülltrichters und vermag das Mehl verlustfrei, ohne etwas durch Verstäubung zu verlieren, einzufüllen. Hierauf gibt man in das Kölbchen 5 ccm 96 prozentigen Alkohol und schüttelt vorsichtig bis zur Erzielung eines einheitlichen (klümpchenfreien) Breies durch. Zu dem Gemisch fügt man noch 5 ccm konzentrierte Kochsalzlösung und schüttelt wieder. Hierauf lässt man zu dem in kaltem Wasser stehenden Kölbchen 20 ccm (s = 1,7) Schwefelsäure zulaufen und schwenkt ca. 5—10 Minuten im kalten Wasserbad. Nach vollständiger Lösung, was noch vielleicht 15—20 Minuten dauert, füllt man mit Schwefelsäure (s = 1,3) auf bis ca. 90 ccm. Jetzt gibt man 10 ccm 4 prozentige Phosphorwolframsäurelösung zu, füllt genau auf 100 ccm auf und schüttelt sehr gut durch. Man filtriert nun durch ein Faltenfilter, dessen Spitze durch ein gewöhnliches kleines Filterchen geschützt ist.

Das Filtrat wird nun im 2 dcm Rohr im Halbschattenapparat polarisiert.

Der abgelesene Winkel (in Dezimalen) multipliziert mit **10,0** gibt den Stärkegehalt in Prozent. Der Faktor 10,0 resultiert aus folgender Bestimmung des spezifischen Drehvermögens der Weizenstärke bei genannter Arbeitsweise.

Eine Weizenstärke mit dem Stärkegehalt 82,69 Prozent gab einen Winkel von $8^{0}\,15' = 8{,}25^{0}$.

$$\underbrace{\frac{82{,}69 \times 2{,}5}{100}}_{\substack{\text{Stärke in 2,5 g} \\ \text{Präparat}}} = \frac{8{,}25 \cdot 100}{\alpha_D \cdot 2}$$

hieraus $\alpha_D = \mathbf{199{,}75.}$

$\alpha_D = 200$ genommen (diese Differenz von 0,25 im spezifischen Drehungsvermögen spielt fürs Endresultat so gut wie keine Rolle) ergibt den Faktor 10 für die Stärkemethode, denn:

$$\text{Prozent Stärke} = \frac{a \cdot 40 \cdot 100}{200 \cdot 2} = 10\,a.$$

Für eine Anzahl Mehle führte man die Stärkebestimmung nach dieser Methode durch und verglich die Resultate mit früheren Werten, die mit der Reibschalenmethode erhalten wurden.

Mehl No.	In der Trockensubstanz sind: Prozente Stärke nach der Kölbchenmethode	Prozente Stärke nach der Reibschalenmethode
0	83,10	83,25
1	80,97	80,81
3	76,84	76,59
5	54,23	54,19

Man sieht, dass sich die Unterschiede noch in Grenzen bewegen, welche für eine polarimetrische Stärkebestimmung als Fehlergrenzen zulässig sind.

Der Pentosangehalt der Weizenmehle.

Die quantitativen Verhältnisse der Asche, des Proteins, des Fettes und der Stärke in den Weizenmehlen sind durch zahlreiche Analysen bekannt. Auch die Analysen von Mehlen, die unternommen wurden zwecks Auffindung einer neuen Numerierungsmethode bestätigen das Anwachsen bezw. Abnehmen des Gehaltes von dem einen oder anderen Bestandteil vom feinem zum groben Mehl.

Am wenigsten eingehend sind eigentlich die Kohlehydrate in den Weizenmehlen studiert und von diesen ist wieder von den Pentosanen bezw. Methylpentosanen d. h. von dem Gehalt derselben in den Mehltypen wenig bekannt. Es ist ja vorauszusehen, dass die Pentosanmenge im feinsten, stärkereichsten Mehl am kleinsten, während sie im groben, kleieartigen Produkt viel

grösser sein wird, was eben damit zum Teil zusammenhängt, dass die Schalen sehr reich an diesen Kohlehydraten sind. Die zahlenmässige Feststellung dieser Verhältnisse, das Wachsen des Pentosangehaltes und eventuellen Methylpentosangehaltes zu untersuchen, ist der Zweck des nachfolgenden Teiles der Arbeiten.

Zu den Pentosanbestimmungen wurde die Methode von Tollens in der Modifikation von Kröber verwandt,[1]) welche hier ganz kurz beschrieben werden soll.

Das Verfahren setzt sich aus zwei von einander unabhängigen Behandlungen, nämlich einerseits der Ueberführung der Pentosane durch Destillation mit Salzsäure in Furfurol, andererseits der Fällung des Furfurols im Destillat durch Phloroglucin, zusammen. Phloroglucin setzt sich mit Furfurol um nach der Gleichung:

$$C_6 H_6 O_3 + C_5 H_4 O_2 = C_{11} H_6 O_3 + 2 H_2 O.$$

a) Destillation: 2—3 g des zu untersuchenden Mehles wurden mit 100 ccm Salzsäure von 1,06 spezifischem Gewicht in einem ca. 300 ccm fassenden Kolben, der auf einem Metallbade steht (Rose-Metall), destilliert. Nachdem jedesmal 30 ccm abdestilliert sind, werden mittels einer Hahnpipette wieder 30 ccm derselben Salzsäure nachgefüllt, bis das Destillat nahezu 400 ccm erreicht hat und kein Furfurol mehr überdestilliert, was mit essigsaurem Anilin festgestellt wird, das durch Furfurol gerötet wird.

(Man mischt 9 Teile frisch destilliertes farbloses Anilin mit 6 Teilen Eisessig und tränkt damit dickes, starkes Filtrierpapier; trocknet durch Abpressen zwischen Filtrierpapier und trägt mit einem Glasstab etwas Versuchsflüssigkeit in die Mitte des Papieres auf.[2])

b) Fällung: Das vorstehend erhaltene Filtrat wurde mit der doppelten Menge des zu erwartenden Furfurols an Phloroglucin (puriss. Merk) versetzt, welches man vorher in Salzsäure (s = 1,6) gelöst hat (bei feinen Mehlen wurde ca. 0,2, bei den groben 0,4 g Phloroglucin genommen). Es wird nun soviel Salzsäure (s = 1,06) hinzugesetzt, dass das Volumen 400 ccm beträgt; gut umgerührt und 15—18 Stunden stehen gelassen.

Filtriert wird in einem bei 100° getrockneten Gooch-Tiegel, der in einem Wägegläschen gewogen wird. Es ist mit 150 ccm

[1]) Journal für Landwirtschaft. 48. 1900. 357.
[2]) Zeitschrift für das gesamte Brauwesen 1898. S. 56.

Wasser auszuwaschen und der Niederschlag danach 4 Stunden bei 100° zu trocknen. Es ist wichtig, den Niederschlag bezw. den Gooch-Tiegel in einem Wägegläschen zu wiegen, da das Furfurolphloroglucid sehr hygroskopisch ist.

Aus dem Gewichte Furfurolphloroglucid lässt dann eine Tabelle auf die Pentosanmenge schliessen.

Bei der Einhaltung obiger Arbeitsweise wurde jedoch bei den Weizenmehlen die unliebsame Beobachtung gemacht, dass, nachdem bereits 400 ccm Salzsäure-Furfurol überdestilliert waren, die Furfurolreaktion mit essigsaurem Anilin noch nicht vollkommen verschwunden war.

Es wurde nun so verfahren, dass weiter destilliert und das Destillat gesondert in einem Becherglas aufgefangen wurde; dieses zweite Destillat dann mit einer geringen Menge Phloroglucin versetzt. Diese zweite Füllung wurde getrennt unternommen, um die Versuchsbedingungen, für welche diese Tollenssche Methode ausgearbeitet wurde, nicht zu sehr zu stören. Bis zum Verschwinden der Furfurol-Reaktion mussten dann bei den groben (No. 4—6) Mehlen noch ca. 60—90 ccm überdestilliert werden; das gefällte Furfurolphloroglucid wog bis zu 15 mg, eine Niederschlagsmenge, die bei der angewandten Substanz (3 g) immerhin 0,3 Prozent des Pentosangehaltes ausmachte.

Die Pentosanbestimmungen, die nach der geschilderten Art bei drei Reihen von Weizen-Mehlen, es waren Produkte von bayerischen Mühlen, ausgeführt wurden, ergaben folgende Zahlen.

Mehl No.	Prozente Pentosangehalt in der Trocken-Substanz bei Reihe		
	I	II	III
00	2,83	3,16	3,14
0	3,26	3,54	3,19
1	3,32	3,94	3,52
2	3,74	4,24	3,69
3	3,99	4,25	3,87
4	4,98	4,55	3,97
5	7,41	6,95	4,30
6	8,32	9,92	8,97

Bei Reihe II und III wurden auf die Methylpentosane bestimmt und zwar nach der Vorschrift von Tollens[1]) wie folgt.

[1]) Zeitschrift für angewandte Chemie 1899. 448.

Das Methylfurfurolphloroglucid unterscheidet sich vom Furfurolphloroglucid durch seine leichte Löslichkeit in warmem Alkohol. Die Methylpentosane liefern nämlich bei der Salzsäuredestillation Methylfurfurol und dieses bei der Phloroglucinfüllung Methylfurfurolphloroglucid. Die Gesamtmenge Phloroglucid ist im Gooch-Tiegel gesammelt und gewogen. Die Tiegel werden jetzt in kleine Becherchen gesetzt und mit 15—20 ccm Alkohol von 95 Tr. übergossen. Die Becherchen werden nun aufs Wasserbad gesetzt und der Alkohol auf 60° erwärmt und ca. 10 Minuten einwirken gelassen. Der Tiegel wird nun auf die Saugflasche gesetzt und der Alkohol abgesaugt. Bei Anwesenheit von Methylfurfurolphloroglucid ist der Alkohol braun gefärbt. Der Tiegel wird nach dem Absaugen wieder in das Becherchen gebracht und wie oben mit Alkohol behandelt. Dies geschieht so oft, bis der Alkohol farblos abfliesst. Es ist etwa nötig, die Prozedur drei- bis viermal zu unternehmen. Der Tiegel wird nun zwei Stunden bei 100° getrocknet und gewogen.

Die Differenz zwischen den Gewichten des Tiegel mit Inhalt vor und nach der Alkoholbehandlung gibt das Gewicht des vorhanden gewesenen Methylfurfurolphloroglucids. Aus der Menge Methylfurfurolphloroglucid berechnet sich dann die Menge Methylpentose nach der Gleichung:

$$\text{Methylpentose} = Ph \times 1{,}65 - Ph^2 \times 1{,}84 + (0{,}01)$$

wobei Ph die Gewichtsdifferenz vor und nach der Alkoholbehandlung der Phloroglucidmenge ist.

Eine Tabelle von Tollens macht die Berechnung nach der Formel überflüssig.

Mehl No.	Prozent Methylpentosane berechnet auf den Wert der Gesamtpentosane bei Reihe	
	II	III
00	3,41	3,97
0	3,15	3,28
1	2,57	2,95
2	2,58	2,80
3	2,31	2,44
4	2,55	2,31
5	1,84	2,05
6	1,08	1,01

Werden auch die nach dem beschriebenen Tollensschen Verfahren erhaltenen Werte für Pentosan und Methylpentosan wahrscheinlich keine absolute Richtigkeit haben, so haben sie sicher den relativen Wert als Vergleichszahlen für die Mehle unter sich.

Es ist ersichtlich wie die Pentosane bei den feinen Mehlen langsam zunehmen und erst bei den groben Mehlen (4—6) die Zunahme des Pentosangehaltes rascher geht.

Interessant ist, dass die Stoffe, die mit Salzsäure destilliert, Methylfurfurol geben, mit dem Gröberwerden des Mehles im Verhältnis zum Gesamtpentosangehalt abnehmen.

Ueber quantitative Zusammensetzung von Weizenmehlen.

Reihe I.

Mehl No.	Prozente in der Trockensubstanz:				
	Stärke	Protein	Fett	Asche	Pentosane
00	84,52	11,25	0,83	0,41	2,83
0	83,71	11,74	0,84	0,54	3,26
1	81,91	11,89	1,02	0,59	3,32
2	79,83	12,20	1,22	0,66	3,74
3	77,91	12,45	1,34	0,67	3,99
4	74,74	13,71	2,34	1,29	4,98
5	65,45	15,74	4,06	2,31	7,41
6	52,87	18,88	5,90	3,74	8,32

Reihe II.

00	84,00	12,01	0,93	0,44	3,16
0	83,01	12,34	1,11	0,51	3,54
1	81,32	12,50	1,38	0,52	3,94
2	79,04	12,95	1,47	0,84	4,24
3	77,10	13,27	1,83	1,18	4,25
4	74,11	14,23	2,74	2,25	4,55
5	63,21	17,76	3,97	2,60	6,95
6	50,90	19,64	4,89	3,85	9,92

Reihe III.

Mehl No.	Prozente in der Trockensubstanz:				
	Stärke	Protein	Fett	Asche	Pentosane
00	83,60	12,31	1,02	0,45	3,14
0	82,34	12,53	1,01	0,52	3,19
1	80,43	12,60	1,32	0,61	3,52
2	79,12	12,94	1,45	0,94	3,69
3	76,99	13,45	1,61	0,92	3,87
4	68,91	16,39	1,99	1,53	3,97
5	60,83	18,48	2,54	2,87	4,30
6	51,00	19,97	4,25	4,21	8,97

Vorstehende tabellarische Zusammenstellung soll einen Ueberblick geben über die quantitative Zusammensetzung einer grösseren Anzahl von Weizenmehlen. Die Mehle stammen aus grossen bayerischen Kunstmühlen.

Neu sind die Zahlen für Stärke und Pentosane; denn umfassend wurden diese Zahlen bei Weizenmehlen mit neueren Methoden noch nicht bestimmt. Auf eine bemerkenswerte Tatsache soll hier aufmerksam gemacht werden, deren endgültige Erklärung allerdings nicht mehr hier gegeben werden kann, da sie sicherlich weitere ziemlich eingehende Studien und Versuche nötig macht.

Die Summe der einzelnen Bestandteile ist bei den feinen Mehlen der drei Reihen nahezu 100 Prozent.

Bei dem groben Mehl (4—6) erreicht die Summe bei weitem nicht mehr 100 Prozent.

So zum Beispiel bei Mehlen 4—6 von Reihe I:

Summe der Bestandteile von Mehl No. 4 97,06 Prozent
„ „ „ „ „ „ 5 94,97 „
„ „ „ „ „ „ 6 87,71 „

Demgemäss müssen diese groben Mehle Körper enthalten, die durch die gewöhnlichen Analysenmethoden nicht fassbar sind.

Nun fehlt ja allerdings bei obigen Zahlen der Rohfasergehalt. Derselbe beträgt bei No. 6 aber nur 1,9 Prozent. Die Vermutung lag nun nahe, ob vieleicht Kohlehydrate vorhanden sind, die nicht bestimmt worden sind, und die weder Stärke noch Pentosane im Sinne der Methode von Tollens sind und auch bei den betreffenden Methoden nicht mitaufgeschlossen wurden.

Zu diesem Zweck wurde eine Kohlehydratbestimmung durch Inversion unternommen. Die reduzierenden Kohlehydrate in der Inversionsflüssigkeit wurden durch Reduktion von Fehlingscher Lösung bestimmt und auf „Stärke“ berechnet. Zwei Inversionen bei genanntem Mehl No. 6 ergaben je nach dreistündiger und sechsstündiger Salzsäureinversion folgenden „Kohlehydratwert“.

Nach dreistündiger Inversion:

1. Kohlehydrate berechnet auf Stärke 60,43 Prozent.

Nach sechsstündiger Inversion:

2. Kohlehydrate berechnet auf Stärke 63,66 Prozent.

Während sich der erste Wert ziemlich mit dem wahren Stärkewert + Pentosangehalt deckt, bringt die zweite Zahl bereits doch einigen Aufschluss, dass Kohlehydrate vorhanden sein müssen, die unter gewöhnlichen Bedingungen (drei Stunden Inversion) noch nicht aufgeschlossen sind und die fehlenden Prozente werden dadurch weniger. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand sind in Aussicht genommen.

Ueber Phosphorsäure in Weizenmehlen.

L. Weiss arbeitete über die Verhältnisse, wie die Phosphorsäure in der Gerste und im Malz vorkommt.[1]) Unter anderem kam er zum Resultat, dass in der Gerste die Phosphate teils anorganischer, teils organischer Natur sind. Weiter kam er zu dem Schluss, dass bei der Extraktion der Phosphorverbindungen der Gerste mit Wasser enzymatische Prozesse eine Rolle spielen, dergestalt, dass durch Spaltung aus organisch gebundener Phosphorsäure durch Ammoniak fällbare, anorganische Phosphorsäure gebildet wird.

Demgegenüber stehen Resultate von Arbeiten von Windisch und Vogelsang,[2]) die sich nur zum Teil mit den erstgenannten von Weiss decken.

---

[1]) Weiss, Beiträge zur Kenntnis der in der Gerste und im Malz vorkommenden Phosphorverbindungen. Dissertation, München, 1907.

[2]) Wochenschrift für Brauerei 1906, No. 40 und 41.

Die genannten Forscher behaupten, dass die Gerste überhaupt keine anorganischen Phosphate enthält. Erst bei Gegenwart von Wasser trete jedoch Hydrolyse der organischen Phosphorverbindungen ein.

Wenn man nun unternimmt, über diese Verhältnisse bei den Weizenmehlen zu arbeiten, so wird dies einmal einen Aufschluss über die Phosphorsäureverhältnisse der Weizenmehle und damit des Weizens bezw. der inneren Schichten des Weizenkorns geben, andererseits wird auch für die eine oder andere der obenerwähnten Untersuchungsergebnisse, die ja verschieden sind, ein Wahrscheinlichkeitsgrund anzugeben sein; es wäre nicht einzusehen, warum beim Weizen diese Verhältnisse (die qualitativen) andere sein sollten als bei ungekeimter Gerste. Um einen Einblick in die Phosphorsäureverhältnisse bei den Weizenmehlen zu erhalten, wurden drei Mehl-Typen aus einer Reihe von Mehlen gewählt, von denen bei jeder die Untersuchungen durchgeführt wurden. Und zwar wurde gewählt ein feines Mehl (No. 1), ein mittleres (No. 3) und ein grobes (No. 5).

Um nun Anhaltspunkte über die Menge, sowie über die Natur (organisch oder anorganisch) der in wässerigen Auszügen in Lösung gegangenen Phosphorverbindungen zu erhalten, wurde im grossen und ganzen der analytische Weg, den Weiss einschlug, gewählt und der zunächst kurz geschildert werden soll.

1. Die Gesamtphosphorsäure im Mehl wurde bestimmt, durch Veraschung des Mehles und durch quantitative Ermittelung der Phosphorsäure in dieser Asche.
2. Die Gesamt-lösliche-Phosphorsäure in wässerigen Auszügen wurde durch Eindampfen und Veraschen der Auszüge bestimmt. In den Aschen quantitative Ermittlung der Phosphorsäure. Sämtliche Mehlauszüge auch für die folgenden beiden Bestimmunngen wurden bereitet, indem ein Teil Mehl mit zehn Teilen destilliertem Wasser kräftig geschüttelt und dann 18 Stunden das Gemisch bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen wurde.
3. Die durch Ammoniak fällbare Phosphorsäure, also die Phosphorsäure, die an Metalle der zweiten Gruppe, an Mg und Ca gebunden ist, wurde durch

Fällen mit Ammoniak im Auszug bei gewöhnlicher Temperatur erhalten.

4. Die durch Magnesiamixtur fällbare Phosphorsäure, also die vorwiegend an Alkalien gebundene Phosphorsäure wurde im Filtrat des NH_3 Niederschlages durch Magnesiamixtur in der Kälte gefällt.

Sämtliche Phosphorsäurebestimmungen wurden dann nach Lorenz [1]) ausgeführt. Es wurde also bei 1. und 2. die Asche, bei 3. und 4. der Niederschlag in Salpeter-Schwefelsäure (50 ccm) gelöst und in dieser Lösung P_2O_5 wie folgt bestimmt.

Man erhitzt die Phosphorsäurelösung, deren Volumen 50 ccm beträgt, über einem Asbest-Drahtnetze ohne Benützung eines Glasstabes bis die ersten Kochblasen erscheinen. Man entfernt die Flamme und lässt aus einer Messbürette, die an demselben Gestell, worin der Eisenriug, der Asbest und Glas trägt, befestigt ist 50 ccm Sulfat-Molybdänreagens (100 g reines, trockenes $(NH_4)SO_4$, 1 l HNO_3 s = 1,36, und 300 g reinstes, trockenes Ammonmolybdat zu 2 l gelöst) in dünnem Strahl in die Lösung fliessen und bedeckt. Längstens nach fünf Minuten rührt man mit einem Glasstab gut durch. Nach 12—18 Stunden filtriert man durch einen Gooch-Tiegel mit entfettetem Filtrierpapierscheibchen (durch mehrmaliges Ueberschütten mit Aether entfettet) an der Saugpumpe und wäscht nun viermal mit 2 prozentiger Ammonnitratlösung nach. Hierauf füllt man den Tiegel mit Alkohol voll, zweimal halbvoll, indem man jedesmal fast ganz absaugen lässt. Das Gleiche wird mit Aether wiederholt. Es ist zu beachten, dass der Boden des Gooch-Tiegels nicht gewölbt sein darf, da sonst die Scheibchen nicht gut anliegen und Niederschlag hindurch gesaugt werden kann. Da auch durch den Aether die Adhäsion von Filterplättchen und Tiegel aufgehoben wird, kann bei zu langem Trockensaugen der Niederschlag mit hindurchgerissen werden. Man bringt nun den Tiegel ca. $^1/_2$ Stunde in luftverdünnten Raum, in welchem 100—200 mm Druck herrscht. Nach dem Trocknen wird der Niederschlag sofort gewogen. Der Ammonmolybdänphosphat-Niederschlag enthält so 3,295 Prozent P_2O_5, sein Gewicht mit der Zahl 0,0329 mnltipliziert gibt die vorhandene Phosphorsäure-Menge.

---

[1]) Landwirtschaftliche Versuchsstationen 55. 1901. 183 u. 1907. 66. S. 203.

Ergebnisse der Phosphorsäureanalysen.

Mehl No. 1.

Asche in der Trockensubstanz 0,62 Prozent
P_2O_2 „ „ „ 0,30 „
Prozente P_2O_2 in der Asche **48,15** Prozent

Mehl No. 3.

Asche in der Trockensubstanz 1,31 Prozent
P_2O_5 „ „ „ 0,64 „
Prozente P_2O_2 in der Asche **49,10** Prozent

Mehl No. 5.

Asche in der Trockensubstanz 3,49 Prozent
P_2O_5 „ „ „ 1,83 „
Prozente P_2O_5 in der Asche **52,41** Prozent

Aus diesen Zahlen geht hervor, dass je gröber das Mehl, nicht nur wie vorauszusehen der Phosphorsäuregehalt überhaupt, sondern dass auch der Gehalt an Phosphorsäure in der Asche wächst. Auf diese Tatsache soll im folgenden nochmals zurückgekommen werden, da sie mit einer andern, die organische Phosphorsäure betreffend, übereinstimmt.

Mehl No. 1.

Gesamt P_2O_5 . . . . . 0,30 Proz.
Gesamt Lösliche P_2O_5 . 0,16 „ = 53,2 Proz. d. Ges. L. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 0,09 „ = 56,3 „ „ „ „ P_2O_5
„ Mg Mixt. „ P_2O_5 0,07 „ = 43,7 „ „ „ „ P_2O_5
bleibt für org. lösl. P_2O_5 berechn. auf Tr. S. **0,0** Proz. d. Ges.L. P_2O_5

Mehl No. 3.

Gesamt P_2O_5 . . . . . 0,64 Proz.
Gesamt Lösliche P_2O_5 . 0,40 „ = 62,5 Proz. d. Ges. L. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 0,18 „ = 45,0 „ „ „ „ P_2O_5
„ Mg Mixt. „ P_2O_5 0,16 „ = 40,0 „ „ „ „ P_2O_5
bleibt für org. lösl. P_2O_5 berechn. auf Tr. S. **15** Proz d. Ges. L. P_2O_5

Mehl No. 5.

Gesamt P_2O_5 . . . . . 1,83 Proz.
Gesamt Lösliche P_2O_5 . 1,24 „ = 67,5 Proz. d. Ges. L. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 0,51 „ = 41,2 „ „ „ „ P_2O_5
„ Mg Mixt. „ P_2O_5 0,48 „ = 38,6 „ „ „ „ P_2O_5
bleibt f. org. lösl. P_2O_5 berechn. auf Tr. S. **20,2** Proz d. Ges. L. P_2O_5

Diese drei Zahlenreihen können nun mancherlei sagen. (Dass bei Mehl No. 1 die beiden anorganischen P_2O_5 Mengen genau gleich der gesamtlöslichen sind, wird wohl Zufall sein, wenn auch bei den ganz feinen Mehlen die organischen P_2O_5 praktisch = 0 sein mag in wässerigen Auszügen.)

Wie nicht anders zu erwarten, geht bei groben Mehlen mehr Phosphorsäure überhaupt in Lösung als bei feinen Mehlen.

Das Verhältnis der Menge der gesamtlöslichen Phosphorsäure zur Menge der Gesamtphosphorsäure wird vom feinen zum groben Mehl immer grösser. Sicher hängt dies damit zusammen, dass, je gröber das Mehl ist, es umso enzymreicher ist und eben Enzyme bewirken eine Lösung und Hydrolisierung, wie wir weiter unten sehen werden.

Das Verhältnis der Menge Phosphorsäure, fällbar durch NH_3, also gebunden an Mg und Ca, zur Menge der gesamtlöslichen Phosphorsäure fällt mit dem Gröberwerden der Mehle.

Ebenso wird das Verhältnis der Menge Phosphorsäure fällbar durch Magnesia-Mixtur, also der an Alkalien gebundenen Phosphorsäure, zur Menge der überhaupt in Lösung gegangenen Phosphorsäure vom feinen zum groben Mehl immer kleiner. Also:

Die Menge der gesamtlöslichen Phosphorsäure wird vom feinen zum groben Mehl immer grösser, die anorganische Phosphorsäure im Auszug (gefällt mit NH_3 und Mg Mixtur) immer verhältnismässig geringer, hieraus resultiert ein immer grösser werdender Rest bei den Auszügen der gröber werdenden Mehle für organische Phosphorsäure.

Diese Tatsache stimmt auch mit dieser überein, dass wir in Aschen von groben Mehlen einen höheren Gehalt Phosphorsäure haben als in feinen.

In groben Mehlen bezw. in den dem Keimling benachbarten Schichten des Weizenkorns wird die Phosphorsäure verhältnismässig den Basen gegenüber vorwiegen im Gegensatz zu den feinen Mehlen bezw. den stärkereichen Weizenkornschichten.

Diese Tatsache steht jedenfalls auch im Zusammenhang mit dem Vorkommen von Körpern, die unter dem Gesamtnamen Phosphatide zusammengefasst werden.

Speziell im Weizen sind diese Körper nachgewiesen und aus Weizenkeimen auch dargestellt worden. (Vgl. Hoppe-Sayler, Zeitschrift für physiolog. Chemie, Bd. 58. Ueber Phosphatide in Cerealien; Ueber Phosphatide. V. Winterstein, Smolenski und Stegmann.)

Einfluss enzymatischer Wirkung beim Löslichwerden von Phosphorsäure.

Um den Einfluss enzymatischer Prozesse beim Löslichwerden der Phosphorsäure in wässerigen Mehlauszügen bezw. die Hydrolisierung durch Enzyme von organischer zu anorganischer Phosphorsäure zu studieren, wurden obige drei Versuchsreihen durchgeführt, nachdem die Enzyme in den Mehlen getötet worden waren. Man verfuhr so, dass man die Enzyme 1. durch kochenden Alkohol, 2. durch $^1/_2$ prozentige Schwefelsäure tötete.

1. Abtötung der Enzyme durch Alkohol.

Das Mehl wurde mit 96 prozentigem Alkohol am Rückflusskühler $^1/_2$ Stunde auf dem Wasserbade gekocht, der Alkohol dann fortdestilliert und das zurückbleibende Mehl bei 100° vollständig getrocknet. In den Kolben wurde nun zu dem Mehl die zehnfache Menge Wasser gegeben, gut durchgeschüttelt und wie früher das Gemisch 18 Stunden lang stehen gelassen. Von den Auszügen wurde nun bestimmt bezw. zu bestimmen versucht wie oben: Gesamtlösliche P_2O_5, durch NH_3 fällbare P_2O_5 und durch Mg Mixtur fällbare P_2O_5.

Dabei ergaben sich die Resultete:

Mehl No. 1.

Gesamt P_2O_5 (nat. w. früher) 0,30 Proz.
Gesamt Lösl. P_2O_5 . . . . . 0,08 „ = 26,6 Proz. d. Ges. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 . —
„ Mg Mixt. „ P_2O_5 . Spuren

bleibt für org. lösl. P_2O_5 als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 **100** Proz.

Mehl No. 3.

Gesamt P_2O_5 . . . . . 0,64 Proz.
Gesamt Lösl. P_2P_5 . . . . . 0,20 „ = 32,5 Proz. d. Ges. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 . —
„ Mg Mixt. „ P_2O_5 . 0,03 „ = 15 „ „ G. L. P_2O_5

bleibt für org. lösl. P_2O_5 als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 **85** Proz.

Mehl No. 5.

Gesamt P_2O_5 . . . . . 1,83 Proz.
Gesamt Lösl. P_2O_5 . . . . . 0,67 „ = 36,6 Proz. d. G. L. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 . —
„ Mg Mixt „ P_2O_5 . 0,20 „ = 29,9 „ „ „ „ P_2O_5

bleibt für org. lösl. P_2O_5 als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 **70,1** Proz.

Aus diesen Zahlen folgt nun mancherlei, besonders wenn man sie in Beziehung zu den früher erhaltenen setzt.

Die Menge der Gesamt Lösl. P_2O_5 ist erheblich geringer, wenn enzymatische Prozesse ausgeschlossen sind.

Es gehen in Lösung Prozente der Gesamt P_2O_5

bei Mehl	1	bei gewöhnlicher Extraktion	53,2	Proz.
„ „	3	„ „ „	62,5	„
„ „	5	„ „ „	67,5	„
„ „	1	„ Extr. m. vorangender Alkoholbehandl.	26,6	„
„ „	3	„ „ „ „ „	32,5	„
„ „	5	„ „ „ „ „	36,6	„

Somit ist sicher auch beim Weizen und den Weizenmehlen Enzymwirkung vorhanden, die Phosphorverbindungen löslich macht.

Bei sämtlichen drei Mehltypen konnte bei dieser zweiten Versuchsweise keine Fällung mit NH_3 erhalten werden. Sicherlich werden also die organischen Mg Phosphorverbindungen erst durch die bei gewöhnlicher wässeriger Extraktion wirkenden Enzyme hydrolisiert, sind also ursprünglich im Mehl sicher organisch vorhanden.

Die an Alkalien gebundene Phosphorsäure ist teilweise anorganisch aufzufinden und zwar nur bei den groben Mehlen, welche enzymreicher sind, da sie auch aus enzymreicher Kornschichte stammen. Es ist äusserst interessant, dass in feinen Mehlen bezw. in deren Auszügen die gesamtlösliche Phosphorsäure fast ganz organisch, nicht fällbar durch NH_3 und Mg Mixtur vorkommt. Es lässt sich kaum anders erklären, als dass eben die hydrolisierende Enzymwirkung im enzymarmen feinen Mehl minimal ist.

2. Abtötung der Enzyme durch Schwefelsäure.

Die Versuchsreihe wurde nun nochmals unternommen, wobei die Enzyme durch H_2SO_4 abgetötet wurden, indem die Auszüge mit $^1/_2$ prozentiger Schwefelsäure hergestellt wurden.

Dabei ergaben sich folgende Verhältnisse:

Mehl No. 1.

Gesamt P_2O_5 . . . . . = 30 Proz.

Gesamt Lösl. P_2O_5 . . . . = 0,14 Proz. = 46,66 Proz. der Ges. P_2O_5

Durch NH_3 fällbare P_2O_5 = Spuren (nicht bestimmbar)

„ Mg „ P_2O_5 = „ „ „

bleibt für org. lösl. P_2O_5, als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 = **100** Proz.

Mehl No. 3.

Gesamt P_2O_5 . . . . . = 0,64 Proz.
Gesamt Lösl. P_2O_5 . . . . = 0,35 Proz. = 54,69 Proz. der Ges. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 = Spuren
„ Mg „ P_2O_5 = Spuren

bleibt für org. lösl. P_2O_5 als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 = **100** Proz.

Mehl No. 5.

Gesamt P_2O_5 . . . . . = 1,83 Proz.
Gesamt Lösl. P_2O_5 . . . . = 1,10 = 58,9 Proz. der Ges. P_2O_5
Durch NH_3 fällbare P_2O_5 = 0,02 = 1,82 Proz der Ges. Lösl. P_2O_5
„ Mg „ P_2O_5 = 0,83 = 2,64 Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5

bleibt für org. lösl. P_2O_5 als Proz. der Ges. Lösl. P_2O_5 = **95,54** Proz.

Die Erwartung, dass diese Schwefelsäure-Versuche mit den Alkohol-Versuchen übereinstimmende Resultate geben könnten, hat sich nicht oder nur zum kleineren Teil bestätigt. Nämlich:

Ein Mehl, dessen Enzyme durch siedenden Alkohol abgetötet sind, teilt seinem Auszug nur etwa halb soviel gesamtlösliche Phosphorsäure mit als ohne Alkoholbehandlung seinem Wasser-Auszug. Dasselbe Mehl, dessen Enzyme durch Schwefelsäure getötet sind, hat in seinem H_2SO_4 Auszug fast soviel gesamtlösliche Phosphorsäure als im gewöhnlichen wässerigen Auszug aber — in organischer Bindung. — Das mag seinen Grund darin haben, dass eben diese organische Phosphorverbindungen vielleicht zum Teil säurelöslich sind.

Die zweite Versuchsreihe mit H_2SO_4 stimmt mit der ersteren insofern überein, dass in den Auszügen die anorganische Phosphorsäuremenge viel kleiner ist, als im gewöhnlichen Auszug. Der Rest, der für organische P_2O_5 bleibt, ist selbst bei den groben Mehlen nahe 100 Prozent, in diesen schwefelsauren Auszügen lässt sich nur sehr wenig anorganische Phosphorsäure nachweisen. Nach diesen letzteren Versuchen müsste eher der Meinung von Windisch und Vogelsang recht gegeben werden, die sagen, dass im Korn selbst nur organische P_2O_5 vorhanden ist, während die anorganische P_2O_5 nur in Auszügen durch enzymatische Wirkung entsteht.

Eine weitere Stütze dieser Ansicht brachte der folgende Versuch, der auch sehr gut zeigte, dass tatsächlich in Auszügen Enzyme wirksam sind, welche spaltend wirken, so dass Phosphorsäure wird und durch anorganische Fällungsmittel niedergeschlagen wird.

Ein schwefelsaurer Auszug wurde genau neutralisiert und mit gewöhnlichem wässerigem Auszug versetzt. Das Gemisch wurde sich selbst überlassen (18 Stunden), und dann die Phosphorsäure bestimmt mit NH_3 und im Filtrat mit Mg Mixtur. Tatsächlich zeigte sich, wie der gewöhnliche, wässerige Auszug die organischen Phosphorverbindungen des neutralisierten H_2SO_4-Auszuges hydrolisieren konnte.

Versuch mit Mehl No. 5:

a) In 50 ccm gewöhnlichem Auszug + 50 ccm H_2SO_4 Auszug waren 0,28 Proz. P_2O_5 fällbar mit NH_3
0,25 „ P_2O_5 „ „ Mg

b) In 50 ccm gewöhnlichem Auszug + 50 ccm **neutralisiertem** H_2SO_4 Auszug waren nach 18 stündigem Stehen aufzufinden 0,45 Proz. P_2O_5 fällbar durch NH_3
0,39 „ P_2O_5 „ „ Mg

c) während in 100 ccm gewöhnlichem Auszug vorhanden sind 0,51 Proz. P_2O_5 fällbar durch NH_3
0,48 „ P_2O_5 „ „ Mg.

Ausser den schon genannten Ergebnissen über die quantitativen Verhältnisse der Phosphorverbindungen anorganischer und organischer Natur, die in Mehl und Weizenmehlauszügen vorkommen, Ergebnisse, die sich auf Verschiedenheiten der einzelnen Mehle unter sich beziehen, sei noch besonders darauf aufmerksam gemacht:

1. Auf Grund der Untersuchungen, besonders der Versuche mit schwefelsauren Mehlauszügen, kommen im Weizen und Weizenmehl nur organische Phosphorverbindungen vor. Wahrscheinlich ist, dass im Mehl beim Lagern durch enzymatische Wirkung schon etwas anorganische Phosphorsäure durch Hydrolyse entsteht.
2. Die Gegenwart von viel Wasser begünstigt diese Hydrolyse sehr, sodass in Mehlauszügen verhältnismässig viel anorganische Phosphorsäure vorhanden ist.

Es könnte nun wohl diesen Untersuchungen der Einwand entgegengehalten werden, dass durch die NH_3 bezw. Mg Mixturfällung organische Phosphorverbindungen ausfallen.

Es ist dies jedoch nicht der Fall, die erhaltenen Niederschläge, die in den Auszügen mit diesen anorganischen Reagentien erhalten wurden, zeigten Krystalle, bezw. bestanden aus Krystallen, wie sie bei gewöhnlichen Phosphorsäurefällungen auch erhalten werden können. Es zeigten sich nämlich Gebilde, die zusammengesetzt aus Prismen, tannenzweigähnliche Figuren zeigten, wie sie auch Haushofer in seinem Werk über mikroskopische Analyse bei den Magnesiumphosphatniederschlägen abbildet, während z. B. Phytin amorph gefällt wird.

Zusammenfassung.

1. Versuche zeigten, dass die üblichen Methoden, um Mehlfeinheit zu bestimmen, nicht zuverlässig sind.

2. Der katalytische Wirkungsgrad eines Weizenmehlauszuges lässt sich durch Titration quantitativ festlegen. Eine Nummerierungsmethode lässt sich auf dieser Tatsache nicht aufbauen.

3. Die Bestimmung des Gehaltes eines Mehles an Stärke und Protein gibt ein gutes Mittel in die Hand, Mehlfeinheit zu bestimmen.

4. Die C. J. Lintnersche Methode zur Stärkebestimmung in Cerealien durch Polarisation wurde durch einige Abänderungen für Weizenmehle vereinfacht.

5. Ermittlung der zahlenmässigen Verhältnisse der Pentosane und Methylpentosane in Weizenmehlen.

6. Zusammenstellung einer Reihe von analytischen Ergebnissen bei Mehlen, insbesondere Zusammenfassung von Studien über Kohlehydrate im Mehl (Stärke-Pentosane).

7. Einiges über organische und anorganische Phosphorverbindungen in den verschiedenen Mehlen.

Die Phosphorverbindungen sind im Mehl (also auch im Weizen) organischer Natur. Erst beim Lagern bewirken Enzyme (vor allem nachweisbar bei den groben Mehlen), dass aus organisch gebundener Phosphorsäure etwas anorganische entsteht. Durch die Gegenwart von Wasser, also in wässerigen Mehlauszügen, bildet sich durch diese enzymatische Wirkung ziemlich reichlich anorganische Phosphorsäure.